

**PERANCANGAN *CASCADE SLIDING MODE CONTROLLER*
DENGAN *PID SLIDING SURFACE* PADA
ELECTRO HYDRAULIC SERVO SEBAGAI KONTROL SUDUT
*GUIDE VANES***

SKRIPSI

Sebagai Persyaratan Guna Meraih Gelar Sarjana
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang



Oleh :

ANIF FATUL IZZA

201410130311071

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN *CASCADE SLIDING MODE CONTROLLER* DENGAN *PID SLIDING SURFACE* PADA *ELECTRO HYDRAULIC SERVO* SEBAGAI KONTROL SUDUT *GUIDE VANES*

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

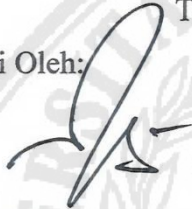
Disusun Oleh:

ANIF FATUL IZZA

201410130311071

Tanggal Ujian : 13 Oktober 2018
Tanggal Wisuda : 24 November 2018

Disetujui Oleh:


Dr. Zulfatman, S.T., M.Eng.
NIDN. 0709117804

(Pembimbing I)


Novendra Setyawan, S.T., M.T.
NIDN. 0719119201

(Pembimbing II)


Ir. Diding Suhardi, M.T.
NIDN. 0706066501

(Penguji I)


Ilham Pakaya, S.T.
NIDN. 0717018801

(Penguji II)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


Ir. Nur Alf Mardiyah, M.T.
NIDN. 0718036502

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala Nikmat-Nya, Rahmat-Nya, serta Hidayahnya-Nya. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Rasulullah Muhammad Shalallaahu 'Alayhi Wasallam. Atas kehendak dan karunia Allah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul:

**“PERANCANGAN CASCADE SLIDING MODE CONTROLLER DENGAN
PID SLIDING SURFACE PADA ELECTRO HYDRAULIC SERVO
SEBAGAI KONTROL SUDUT GUIDE VANES”**

Di dalam tulisan ini disajikan pokok-pokok bahasan yang meliputi perancangan dan analisa tentang sistem kontrol pada *Electro Hydraulic Servo*. Pembuatan Proyek Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) di Universitas Muhammadiyah Malang. Selain itu penulis berharap agar proyek akhir ini dapat menambah kepustakaan dan dapat memberikan manfaat bagi semuanya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan ke depan.

Akhir kata semoga buku ini dapat bermanfaat di masa sekarang dan masa mendatang. Sebagai manusia yang tidak luput dari kesalahan, maka penulis mohon maaf apabila ada kekeliruan baik yang sengaja maupun yang tidak sengaja.

Malang, Oktober 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Electro-Hydraulic Servo.....	5
2.1.1 Pengertian Electro-Hydraulic Servo	5
2.1.2 Pemodelan EHS	6
2.2 Sliding Mode Controller.....	9
2.3 Proportional Integral Derivative Controller	10
2.4 Guide Vanes	10
BAB III PERANCANGAN DAN PEMODELAN SISTEM.....	13
3.1 Perancangan Sistem.....	13
3.1.1 Pengambilan Data Nilai Parameter Sistem	13
3.1.2 Perancangan Model.....	14

1	3.1.2.1 Pemodelan Servo Valve	14
2	3.1.2.2 Pemodelan Chamber.....	15
3	3.1.2.3 Pemodelan Load Dynamic	15
4	3.1.2.4 Pemodelan EHS.....	16
3.2	Perancangan SMC dengan PID Sliding Surface	16
3.3	Perancangan Guide Vanes	21
3.4	Aturan Pengujian Sistem	21
3.4.1	Pengujian Model EHS dengan Loop Terbuka dan Tertutup	21
3.4.2	Pengujian Model EHS dengan Kontroler PID dan SMC-PID	21
3.4.3	Pengujian Model EHS sebagai Kontrol Sudut Guide Vanes dengan Beban menggunakan Kontroler PID dan SMC-PID	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		23
4.1	Simulasi Model EHS dengan Loop Terbuka dan Tertutup	23
4.2	Simulasi Model EHS dengan Kontroler PID dan SMC-PID	24
4.3	Simulasi Model EHS sebagai Kontrol Sudut Guide Vanes dengan Beban menggunakan Kontroler PID dan SMC-PID	28
BAB V PENUTUP.....		35
5.1	Kesimpulan.....	35
5.2	Saran	35
DAFTAR PUSTAKA		xiv

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Elektro Hidrolik Servo dengan Silinder Actuator	5
Gambar 2.2 Diagram Fasa Trajektori Status	9
Gambar 2.3 Skema Sistem <i>Guide Vanes</i> dengan <i>Hydraulic Actuator</i>	11
Gambar 3.1 Diagram Blok <i>Guide Vanes</i>	13
Gambar 3.2 Model <i>Servo Valve</i>	15
Gambar 3.3 Model <i>Chamber A</i>	15
Gambar 3.4 Model <i>Load Dynamic</i>	16
Gambar 3.5 Model EHS	16
Gambar 3.6 Blok Diagram Konsep Metode Pengontrolan dengan SMC-PID	17
Gambar 3.7 Simulink Model Pengontrol SMC	20
Gambar 3.8 Model Sistem beserta kontroler SMC-PID	20
Gambar 3.9 Model <i>Guide Vanes</i>	21
Gambar 3.10 Beban pada sistem	22
Gambar 4.1 Respon transien loop terbuka	23
Gambar 4.2 Respon transien loop tertutup	23
Gambar 4.3 Respon transien sistem EHS dengan referensi step	24
Gambar 4.4 Respon kontrol sistem EHS dengan kontroler PID dan SMC-PID .	24
Gambar 4.5 Sinyal error sistem EHS dengan kontroler PID dan SMC-PID	25
Gambar 4.6 Respon transien sistem EHS	26
Gambar 4.7 Respon kontrol sistem EHS dengan kontroler PID dan SMC-PID .	26
Gambar 4.8 Sinyal error sistem EHS dengan kontroler PID dan SMC-PID	27
Gambar 4.9 Respon PID sebagai <i>Cascade Controller Guide Vanes</i>	28
Gambar 4.10 Respon SMC-PID sebagai <i>Cascade Controller Guide Vanes</i>	29
Gambar 4.11 Sinyal error <i>Cascade Controller Guide Vanes</i>	29
Gambar 4.12 Posisi sudut <i>guide vanes</i> dengan kontroler PID	30
Gambar 4.13 Posisi sudut <i>guide vanes</i> dengan kontroler SMC-PID	30
Gambar 4.14 Error posisi sudut dengan kontroler PID dan SMC-PID	31
Gambar 4.15 Kecepatan rotor pada generator	31
Gambar 4.16 Sinyal error kecepatan rotor pada generator	32
Gambar 4.17 Daya pada generator	33

Gambar 4.18 Frekuensi <i>output</i> generator	33
Gambar 4.19 Tegangan V_{cn} <i>output</i> generator	34
Gambar 4.20 Arus <i>output</i> generator	34



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Nilai Parameter EHS	13
Tabel 4.2 Karakteristik respon transien sistem EHS dengan kontroler PID dan SMC-PID menggunakan referensi step	25
Tabel 4.3 Karakteristik respon transien sistem EHS dengan kontroler PID dan SMC-PID menggunakan referensi <i>signal builder</i>	27



DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Veinkaiah, P. dan Sarkar, B Kr., “*Position Control of The Hydraulically Actuated Francis Turbine Inlet Guide Vane*”, Proc. of the ASME 2017 Power Conference Joint With ICOPE-17, USA, Juni, 2017.
- [2]. Shailaja, K., Desai, P. G., dan Ashpana, S., “*Modeling of Electro-Hydraulic Servo Valve and Robust Position Control using Sliding Mode Technique*”, Proc. of the 1st International and 16th National Conference on Machines and Mechanism (iNaCoMM2013), India, Desember, 2013.
- [3]. Rozali, S. Md., Rahmat, M. F., Wahab, A. N., dan Zulfatman, “*PID Controller Design for an Industrial Hydraulic Actuator with Servo System*”, Proc. in IEEE Conference on Research and Development (SCORED), Malaysia, Desember, 2010
- [4]. Soon, Chong ., Ghazali, R., Jaafar, Hazriq I., dan Hussien S Y., “*Sliding Mode Controller Design with Optimized PID Sliding Surface using Particle Swarm Algorithm*”, Proc. Computer Science 105, pp.235-239, 2017
- [5]. Zulfatman, Rahmat, M. F., Husain, A. R., dan Ghazali, R., “*Sliding Mode Control with Switching-Gain Adaptation Based-Disturbance Observer Applied to an Electro-hydraulic Actuator System*”, IEEE, Universitas Teknologi Malaysia, 2013
- [6]. Singh, Amit Kumar., “*Modelling and Simulation of Micro Hydro Diesel Hybrid Power System for Localized Power Requirement Using MATLAB/Simulink*”, Master of Power Engineering Of Jadavpur University, 2013.
- [7]. Zulfatman, Rahmat, M. F., Husain, A. R., dan Ahmad, M. N., “*Robust Precision for a Class of Electro-Hydraulic actuator System based on Disturbance Observer*”, Springer, 2015
- [8]. Doolla, S., Bhatti, T. S., “*A New Load Frequency Control Technique for an Isolated Small Hydropower Plant*”, 2015.
- [9]. Zulfatman, et al., “*Robust Position Tracking Control of an Electro-Hydraulic Actuator in The Presence of Friction and Internal Leakage*”, Arabian Journal for Science and Engineering 39 (4), 2965-2978, 2014.

- [10]. Vinod, J., et al., "*Francis Turbine IGV Control Under Estimation*", Proc. of the 1st International Conference on Mechanical Engineering, pp. 18-40, India, January, 2018.
- [11]. Yang, Weijia, et al., "*A Mathematical Model and Its Application for Hydro Power Units under Different Operating Condition*". Energies, 2015.
- [12]. Qian, Dianwei, et al., "*Load Frequency Control for Micro Hydro Power Plants by Sliding Mode and Model Order Reduction*". AUTOMATIKA, 2015.
- [13]. Jawahar, C.P., et al., "*A review on turbines for micro hydro power plant*", Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, 2017.
- [14]. Rahmat, M.F., et al., "*Modeling and controller design of an industrial hydraulic actuator system in the presence of friction and internal leakage*", International Journal of the Physical Science., vol 6(14), pp.3502-3517, 2011
- [15]. J. Cheng, Wei Liu, Z. Zhang, "*Modeling and Simulation for the Electro-hydraulic Servo System based on Simulink*", IEEE, 2011